設施栽培風光互補綠能電力支援與管理系統之加值化研究

何佳勳[*]、蕭巧玲[*]、楊純明[*]、厲文誠[**]、黃郁智[**]、李進興[**]、郭仲益[***]
[*]農業試驗所作物組
[**]國家中山科學研究院
[***]冠霆電通科技有限公司

一、摘要

在極端天氣變遷環境下，設施栽培係農業(作)栽培因應調適措施之一，可提供質優且穩產的農產品。設施農業/栽培需要搭配作物栽培系統及必要電力供給，而從節能減碳及降低生產成本考量上，風、光等再生綠能之開發與利用恰可滿足此需求。面臨全球性氣候變遷及能源短缺問題，本計畫研究重點在於有效利用現地再生資源並穩定電力支援與管理，以供應設施農業運轉及提高電力使用效能。此外，建立影像監測及遠端數位傳輸作業平台，可監測土壤(介質)水分/溫度、設施內部太陽輻射量與氣溫/相對濕度等微氣象環境，乃至於現地風力及太陽能供電量與設備耗電量，以維持設施栽培正常運作。

關鍵字：簡易溫室、再生能源、電力系統、節能減碳。

二、前言

臺灣地處亞熱帶季風氣候區，夏季常有高溫多雨及颱風，而秋冬季則有東北季風及短期低溫等現象發生，利用設施栽培可減緩氣象環境所帶來的不利因素衝擊，進而穩定作物生產質量。惟設施內部微環境亦會影響作物栽培，如夏季設施內部高溫與光照分布不均、冬季內部低溫與光照不足等問題，均會影響作物生產。如何改善設施內部環境以達到週年穩定生產，並以從事設施作(植)物特殊功能性生產等，值得加以研究探討。設施農業亦有相當電力需求，其可概分為電力供應端、作物生產端與環境監控端三大項，乃主要生產成本之一。從節能減碳及降低生產成本考量，開發風力、光能等綠能/再生能源並應用於設施農業栽培上，有其需要與必要。本研究之先期階段已將風光互補綠能電力支援與管理之基本系統應用於簡易設施栽培體系，其中電力支援端包含風、光綠能及市電兩大供應來源，電力管理端則綜合蓄電、放電、用電等三大管理。此外，本研究也建立簡易型立體層架進行設施矮莖葉菜類作物之立體化栽培，並利用DC直流電LED (light-emitting diode)燈泡及LED光條提供葉菜類栽植之補光需求。如何進一步開發利用綠能來提供設施使用以提升設施作物生產質量，甚至於從事

作物特定(殊)功能性需求之加值化應用，並調節介質溫度與灌溉水量，非常值得深入探究與開發，可據以擴大簡易設施栽培之產值與應用層面。如此，不僅將助益於設施農業發展，更達成其節能、節水、減碳、降低生產成本及提高產值之多重目的。本計畫研究重點在於有效利用現地再生資源並穩定電力支援與管理，以供應設施農業運轉及提高電力使用效能。

三、材料與方法

本項計畫由行政院農業委員會農業試驗所(簡稱「農試所」)與行政法人中山科學院(簡稱「中科院」)及其育成廠商(冠霆電通科技有限公司)進行合作研究，引進外部研發能量參與設施農作生產栽培系統研發，又導入風光再生綠能於設施電力供應及發展高電力儲能與供給效率關鍵技術，將可大幅提升設施農業生產效能。換言之，本計畫擬使用現地的再生能源(風力及太陽能)，並利用儲能系統將不連續的再生能源儲存且進一步應用在設施內部之基本電力系統模組(包括光照、介質降溫、滴灌及監測系統等)。分為下列三項單元:

1. 「風光互補綠能電力支源及管理系統」，其中電力支援端將包含風、光綠能及市電兩大供應來源，電力管理端將綜合蓄電、放電、用電等三大管理。
2. 利用簡易型立體層架之DC直流電LED光照系統，可提供葉菜類作物栽培之額外人工光源，建立高生產力與低硝酸鹽之設施葉菜類最佳化栽培系統模組。
3. 建立影像監測及遠端數位傳輸作業平台，可監看設施內部微氣象資料及現地再生能源(風力及太陽能等)供電量與環境監測等設備耗電量，以維持設施栽培正常運作。

四、結果與討論

運用微型風光互補發電與高效電池組蓄能供電，開發「拖曳式風光互補蓄能供電車」及「貨櫃式風光互補儲能與供電系統」，可提高再生能源滲透率及發電儲能效果，並整合風力、太陽能及市電等多供電模式。而電力輸出包含交流電 110V、220V 與直流電 12V、24V 等多組電力輸出模式，能源轉換效率逾 90%(圖 1 及圖 2)。本項設備設置於農業試驗所之試驗田區，「拖曳式風光互補蓄能供電車」之風力發電系統為每小時 1,440W、太陽能為每小時 780W，合計每月發電量約 27 kWh，系統蓄電池容量 24 kWh;「貨櫃式風光互補儲能與供電系統」之風力與太陽能系統各為每小時 1,440W、1,200W，每月發電量約 68.5 kWh，蓄電池容量 65 kWh。該再生能源供儲電力系統現階段試驗乃應用在蔬菜立體化栽培，包括 LED 光照、滴灌及介質降溫等小型化直流電設備，以降低能源轉換之電力損耗。此外，「拖曳式風光互補蓄能供電車」可拖曳至不同場所，並將太陽光能及風力轉換為電能，以提高再生能源效率並達到節能減碳目的，且可多元應用於大型活動或農、漁業甚至災難及救援需求等電力短缺現場，以及其他電力不足或不易供應之偏遠農地使用。

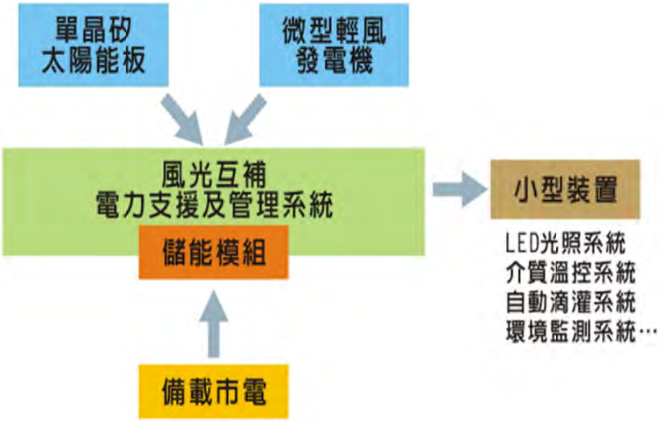

圖1、風光互補儲能系統架構

圖2、拖曳式風光互補蓄能供電車及貨櫃式風光互補儲能與供電系統

本計畫開發適用於通用型葉菜類栽培立體層架補光用DC直流電LED光條，提供葉菜類栽培之補光需求，並建立高生產力與低硝酸鹽之設施葉菜類最佳化栽培系統模式(圖3)。本計畫擬於簡易設施環境下利用光照系統降低如青梗白菜之硝酸鹽含量，初步試驗結果顯示，光照處理可降低青梗白菜植體之硝酸鹽含量，且硝酸鹽含量會隨光照強度增加而有明顯的遞減趨勢(圖4)。

圖3、通用型葉菜類栽培立體層架及光照系統

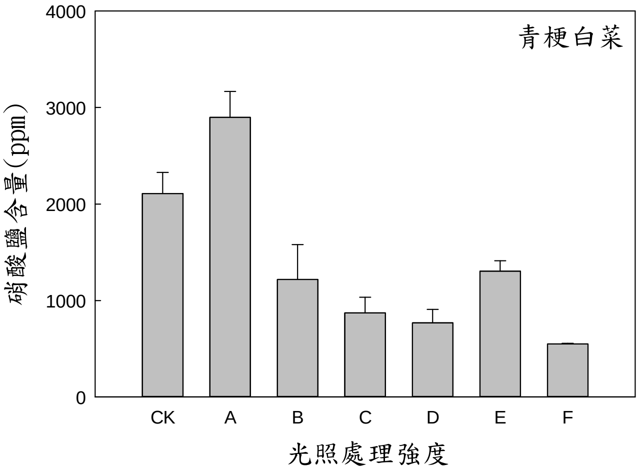

圖4、利用光照系統降低青梗白菜之硝酸鹽含量

此外，亦建立簡易設施植物生長環境參數之監測系統，提供網路使用者遠端監看功能，藉由長期記錄上述資料，建立農作資料庫，提供數據分析來源，以期協助農業技術發展。本系統包含作物生長區之影像監測及數據交換主機，以利影像、環境監測及電力監測等數據接收，而設施數據交換主機內運行之監控主程式可監看即時數據，且透過環境監測參數，如設施環境溫濕度、介質溫濕度及日射量等，以掌握作物生長最適環境並藉由高階攝影機對作物及設施全景拍攝，以記錄作物生長情形(圖5及圖6)。

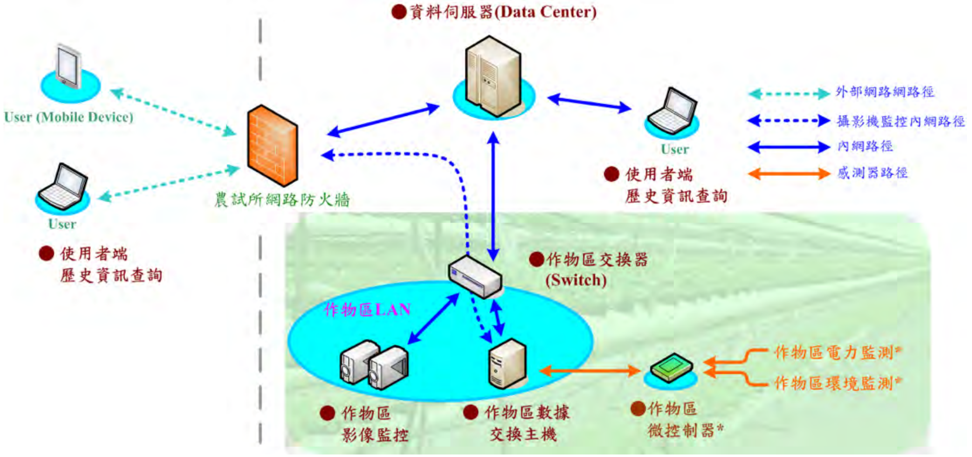

圖5、簡易設施之參數監測及遠傳系統之架構圖

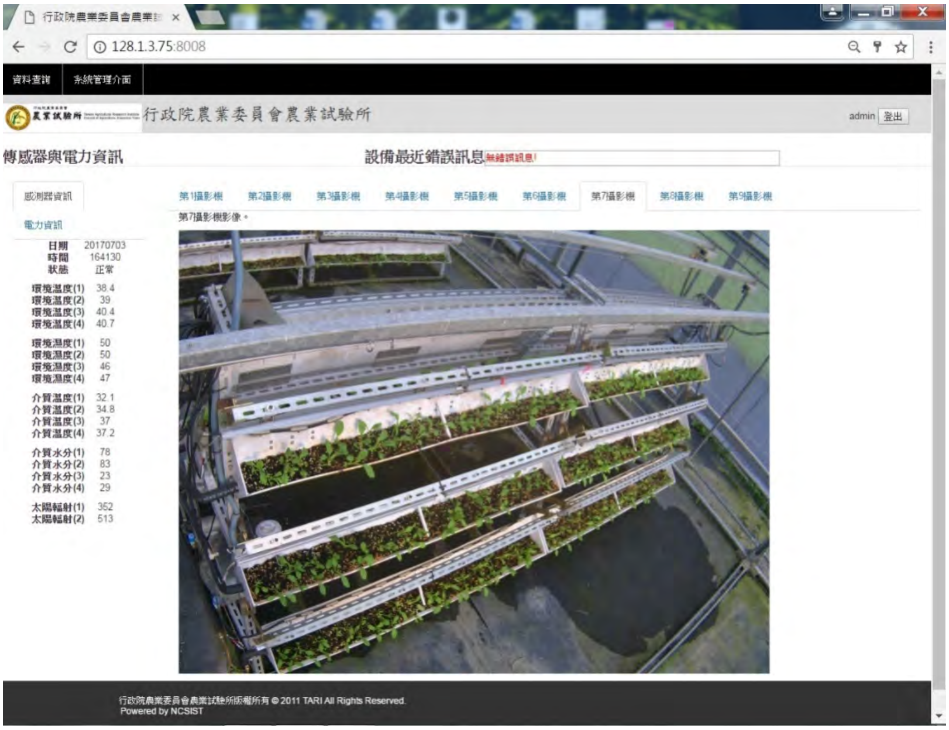

圖6、作物拍攝影像及環境監測數據之網頁即時顯示畫面

五、結論

運用微型風光互補發電、高效電池組蓄能供電，以提高再生能源滲透率及節能效果，另輔以智慧遠端監控技術，可率先開啟我國新一代農業 4.0 之智慧型農業產銷區

域化與服務精緻化之目標。此外，利用通用型葉菜類栽培立體層架之光照系統，可提供葉菜類栽培之補光需求，並建立高生產力與低硝酸鹽之設施葉菜類最佳化栽培系統模式。簡易設施之環境監測系統，可針對簡易設施之環境參數進行監測作業，如設施內外之氣溫、相對濕度、光照強度及介質環境溫度等，期以了解葉菜類蔬菜最適栽培之環境條件，並助益於未來精密設施環境控制參數之擬定。

六、參考文獻

中川行夫。1967。農業構造物の環境調節に関する研究(1)パッド・アンド・ファン式による夏のガラス室の冷房。農業気象22(4):143-148。

細野達夫、細井徳夫、川嶋浩樹、古谷茂貴、鈴木克己。2004。高温期のトマト栽培中の高軒高ハウス内の気温特性。農業・生物系特定産業技術研究機構野菜茶業研究成果情報。

Chang, C. C. 2006. A Study on monitoring rainfall along mountain road slopes with grid technique-based on GPRS. Department of Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Master's thesis. (in Chinese)

Fukatsu, T. and M. Hirafuji. 2005. Field monitoring using sensornodes with a web server. Journal of Robotics and Mechatronics 17: 164-172.

Liang, H. W., W. S. Jwo, J. J. Chen, H. J. Hong, S. S. Jhang, S. J. Jhang, W. M. Huang. 2013. The hybrid wind/solar power lighting system. 2013 GTEA 641-647.

Trigui, M., Barrington, S. and Gauthier, L. 2001. A strategy for greenhouse climate control, Part I: Model development. J. agric. Engng Res. 78(4):407-413.